



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap
Område Landskapsutveckling

Dagvattenhantering med "Rain Garden"

Stormwater treatment with "Rain Garden"



Anders Svenstrup

Examensarbete 15 hp
Landskapsingenjörsprogrammet
Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU
Alnarp 2012

Dagvattenhantering med "Rain Garden"

Stormwater treatment with "Rain Garden"

Anders Svenstrup

Handledare: Åsa Bensch, SLU, Landskapsutveckling

Btr handledare: Kent Fridell, SLU, Landskapsutveckling

Examinator: Eva-Lou Gustafsson, SLU, Landskapsutveckling

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Examensarbete för landskapsingenjörer

Kurskod: EX0361

Program/utbildning: Landskapsingenjörsprogrammet

Examen: Kandidatexamen

Ämne: Landskapsplanering

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsmånad och -år: juni 2012

Omslagsbild: Nevue Ngan Associates (ur: San Mateo County, 2009)

Serienamn: Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: *Rain Garden, dagvattenbiofilter, regnbed, stormwater planter, bioretention*

Om inget annat anges tillhör bilderna i arbetet författaren, samtliga bilder är skyddade enligt lagen om upphovsrätt.

Förord

Det här är ett examensarbete på 15 högskolepoäng inom Landskapsingenjörsprogrammet vid Sveriges lantbruksuniversitet, Alnarp. Arbetet är skrivet på C-nivå inom landskapsplanering.Handledare har varit Åsa Bensch biträdande handledare har varit Kent Fridell.

Jag vill rikta ett stort tack till båda mina handledare Åsa Bensch och Kent Fridell. Tack Åsa för hjälp med struktur och formalia till arbetet och för dina lugnande samtal. Tack även för den konstruktiva kritiken och de stöd du gett mig genom hela arbetet. Tack Kent för din inspiration till arbetet samt kunskap och litteratur du bidragit till arbetet. Du är en stor förebild för mig.

Till sist ett stort tack till min sambo Paulina Källman för att du stått ut med mig under tiden jag skrivit mitt arbete.

Trevlig läsning!

Anders Svenstrup, 2012, Malmö.

Sammanfattning

Detta examensarbete handlar om Rain Garden. Arbetet vänder sig till dig som har ett intresse för dagvattenhantering. De som söker djupare kunskaper i ämnet kan använda sig av förteckningen över referenser.

I framtiden förväntas klimatförändringar med höjda temperaturer och ökade nederbörds mängder som följd. Samtidigt växer städerna vilket leder till att andelen hårdgjorda ytor ökar och den naturliga infiltrationen minskar. Utvecklingen innebär en ökad avrinning och större dagvattenvolymer som måste tas omhand. De traditionella dagvattensystemen är inte dimensionerade för att klara av de ökade dagvattenvolymer som kan leda till översvämningar och en negativ påverkan på miljön. År 2000 trädde Ramdirektivet för vatten i kraft vilket innebär att det numera ställs krav på att dagvattnet ska renas innan det släpps ut i recipienten. Det krävs därför hållbara dagvattenlösningar som kan rena dagvattnet från föroreningar och minska belastningen på den konventionella dagvattensystem.

Idag har synen på dagvattenhantering förändrats, istället för att leda ner dagvattnet i ett traditionellt rörsystem används oftare öppna dagvattensystem som gröna tak, genomsläppliga beläggningar, svackdiken och dammar.

I bland annat USA och Australien används en dagvattenlösning som kallas Rain Garden för att ta hand om dagvatten. Rain Garden kan beskrivas som en grund försänkning i landskapet under vilket det finns ett dränerande system och ett preparerat filtermaterial som är täckt med vegetation. Rain Garden är ett system som kan användas inom både privat- och allmän platsmark. Vid användandet av Rain Garden synliggörs tidvis dagvattnet vilket kan leda till positiva mervärde för staden. Fördelen med Rain Garden är att de har en hög reningsförmåga samtidigt som de kan bidra med en fördröjning och reduktion av dagvattenvolymer. Beroende på konstruktion kan också Rain Garden möjliggöra en infiltration till den underliggande marken vilket gynnar den naturliga vattenbalansen. Den främsta nackdelen med Rain Garden är att de kräver en förhållandevis intensiv skötsel för att kunna prestera bra under längre perioder.

Rain Garden är ett system som mycket väl skulle kunna användas i Sverige. På allmän platsmark skulle Rain Garden kunna användas för att avlasta det konventionella ledningssystemet. På privat mark skulle Rain Garden kunna användas för att bidra med värdefull fördröjning av dagvattnet. Forskningsresultat har visat att Rain Garden även kan rena dagvatten vid kalla temperaturer mellan 2 och 20 °C vilket är något som talar för en användning av Rain Garden i Sverige. De kan dock krävas vissa anpassningsåtgärder för det svenska klimatet med avseende på infiltrationskapaciteten vintertid och ett växtmaterial anpassat för det svenska klimatet.

Innehållsförteckning

Förord

Sammanfattning

Inledning..... sid. 7

Bakgrund 7

Frågeställning 8

Mål..... 8

Avgränsning..... 8

Metod och material 8

Dagvattenhantering ett växande problem..... 9

EU: s Ramdirektiv för vatten -SFS 2004:66 10

Dagvattenstrategin i Malmö 11

Dagvattenhantering i Sverige 12

Genomsläppliga beläggningar 15

Svackdiken..... 16

Dammar 16

Vad är en Rain Garden? 17

Reningsfunktion 18

Användning och utformning 20

Konstruktion..... 22

Flöden 22

Filtermaterial 22

Vegetation..... 25

Marktäckning..... 25

Vattenmättad zon 26

Dränering 26

Ekonomi och skötsel 28

Rain Garden i ett kallt klimat 29

Diskussion 30

Referenslista 34

Tryckta..... 34

Otryckta 34

Figurer 37

Inledning

Bakgrund

I ett samhälle där städer förtätas alltmer och allmänna utrymmen krymper, kommer det behövas fler multifunktionella ytor som både kan bidra med grönska och ta hand om dagvattnet (Boverket, [online], 2012-05-22). När städerna förtätas blir också grönstrukturen i städerna allt viktigare (Boverket, [online], 2012-05-22). Grönstrukturen är viktig då den förbättrar luftmiljön och sänker temperaturen i städerna.

År 2007 inträffade ett kraftigt regn i södra Sverige vilket ledde till en problematisk översvämning i området (SOS, 2008). Ca 50 mm regn föll inom loppet av några timmar. Detta ledde till problematiska översvämningar i bland annat vattendrag, källare och andra lågt benägna punkter (SOS, 2008). En ökad nederbörd är att vänta (Statens offentliga utredningar, 2007), behovet av en bättre effektiviserad dagvattenhantering är därför betydelsefullt. Dagvattenhantering är en viktig del för ett hållbart samhällsbyggande. I samband med en ökad nederbörd och en förtätning av dagens städer kommer behovet av blågröna dagvattenlösningar därför öka i framtiden (Boverket, [online], 2012-05-22).

I USA används ett dagvattenkoncept kallat LID (Low Impact Development) och i Australien används ett liknande koncept kallat WSUD (Water Sensitive Urban Design) (Hunt et.al, 2010). Syftet med LID och WSUD är att skapa hållbara dagvattenlösningar som förbättrar vattenkvalitén och minskar avrinningsvolymerna från hårdgjorda ytor (Hunt et.al, 2010). Detta är inte på något sätt ett nytt revolutionerande tankesätt, även i Sverige har detta tankesätt använts under en längre period (Stahre, 2004). I LID- och WSUD-koncepten ingår däremot en teknisk dagvattenlösning kallad Rain Garden (Hunt et.al, 2010). En Rain Garden är en multifunktionell dagvattenlösning som både kan ta hand om dagvatten och bidra med grönska till staden. I både USA (Wise, 2008) och Australien (FAWB, 2009) har Rain Garden visat sig vara ett framgångsrikt koncept för dagvattenhantering.

I Sverige är Rain Garden ett relativt nytt koncept, som en följd är det därför brist på svensk litteratur som behandlar ämnets tekniska delar. Utifrån detta finns det ett behov av en bredare och djupare kunskap hur en Rain Garden fungerar, konstrueras och var den kan placeras. En ökad kunskap om Rain Garden leder även till en bättre förståelse för de ekonomiska, ekologiska, biologiska och sociala effekter denna typ av dagvattenlösning har.

Frågeställning

- Vilka fördelar har Rain Garden?
- Vilka nackdelar har Rain Garden?
- Är Rain Garden ett system som kan vara ett alternativ för våra svenska städer?

Mål

Det övergripande målet är att med hjälp av litteraturen ta reda på och beskriva vilka för- och nackdelar Rain Garden har i jämförelse med konventionella lösningar. Mitt personliga mål är att öka min egen kunskap om Rain Garden och dess tillämpningar.

Syftet med arbetet är att skapa en bredare och tydligare bild av Rain Garden. På så sätt görs kunskapen lättillgänglig för landskapsingenjörer, projektörer och andra personer med intresse för den här typen av dagvattenhantering.

Avgränsning

I litteraturen framgår att en Rain Garden kan vara en naturlig sänka i landskapet täckt med vegetation eller en konstruerad växtbädd dit dagvatten kan ledas. Detta arbete kommer i huvudsak fokusera på den konstruerade varianten av en Rain Garden för större offentliga urbana platser. På grund av komplexiteten av de kemiska reningsfunktionerna som sker i en Rain Garden kommer arbetet endast behandla de övergripande reningsfunktionerna.

Metod och material

Arbetet genomförs med hjälp av en litteraturstudie som besvarar frågeställningen.

Fakta till litteraturstudien söks i böcker, artiklar och databaser som: Scopus, Google, Google Scholar, Web of Knowledge. Eftersom det saknas svensk litteratur som behandlar ämnets tekniska delar har fakta hämtats från utländska källor. Sökord i databaser kan vara Rain Garden, bioretention, biofilter, stormwater treatment, stormwater management, stormwater planter eller infiltration planter.

Dagvattenhantering ett växande problem

Vi står inför stora utmaningar i och med klimatförändringar som bidrar till högre temperaturer och kraftigare regn (Statens offentliga utredningar, 2007). Sett från ett 100-årigt perspektiv har Sverige de senaste 15 åren haft ovanligt höga temperaturer och förhöjda nederbörds mängder. Enligt Statens offentliga utredningar (2007) kan dessa klimatförändringar kraftigt påverka både miljö och samhälle. Medeltemperaturen för Sverige förväntas stiga med 2 grader fram tills 2020-talet. Den globala uppvärmning tros bero på historiska större utsläpp av växthusgas som skett de senaste decennierna. Ökade nederbörds mängder är också förväntade framförallt under höst, vinter och vår. Den globala uppvärmningen förväntas bidra till att extrema vädersituationer såsom stormar, skyfall och intensiva regn blir allt vanligare. Kraftiga regnoväder skapar höga vattenflöden, vilka kan orsaka översvämningar inom tätbebyggda områden då dagvattensystem blir överbelastade. (Statens offentliga utredningar, 2007).

En ständigt pågående förtätning och utbyggnad av nya områden har gjort att andelen hårdgjorda ytor ökat och den naturliga infiltrationen minskat (Stahre, 2004). Detta har medfört en snabbare avrinning än tidigare och flödestoppar som gett en ökad belastning på ledningssystemet. Det konventionella ledningssystemet är inte dimensionerat för den ökande mängden dagvatten vilket resulterar i en överbelastning av systemet (Stahre, 2004). I värsta fall kan detta leda till översvämningar i bland annat källare och upptäckning av avloppsvatten (Stahre, 2004). Översvämningar kan också orsaka fuktskador på byggnader och skapa problem för infrastrukturen i städerna (Svenskt Vatten, 2011).

När det regnar leds dagvatten över hårdgjorda ytor och samlar på sig en mängd föroreningar som tungmetaller, organiska gifter, oljor, bakterier och näringsämnen (Stockholms Vatten, 2000). Föroreningarna i dagvattnet varierar beroende på markanvändningen (Lönngren, 2001). Dagvatten från stadskärnan är till exempel mer förorenat än dagvatten från villaområden. Den största orsaken till föroreningar i staden är trafik och material från byggarbetsplatser (Lönngren, 2001). Det mesta av dagvattnet i städerna leds direkt ut till vattendrag utan någon direkt rening. Detta har bidragit till att sjöar och andra vattendrag har fått en försämrad vattenkvalité eftersom det oftast är de som är den slutliga recipienten (Stockholms Vatten, 2000). Höga koncentrationer av dagvattenutsläpp i små vattendrag kan förstöra biotoper för många hotade växter och djur (Persson et.al, 2009). På sommaren när vattenståndet är lågt är vattendragen som mest sårbara. Då blir utspädningen låg och koncentrationen av dagvatten hög. Vidare kan dagvatten som inte flödesutjämns vid en kraftig nederbörd orsaka översvämning och erosion i vattendragen (Persson et.al, 2009).

För att kunna hantera en utveckling av städernas bebyggelse och de framtida klimatförändringarna krävs åtgärder och strategier för att kunna lyckas. Kommunerna behöver utforma strategier med tydliga mål i samarbete med de olika förvaltningarna (Svenskt Vatten, 2011) för att vi i framtiden på ett bättre sätt ska kunna handskas med dagvattenproblematiken.

EU: s Ramdirektiv för vatten -SFS 2004:66

Ramdirektivet för vatten även kallad ”vattendirektivet” trädde i kraft år 2000 och innehåller EU-ländernas gemensamma mål för vatten (Hägerhäll, Vidarve, 2003). Syftet med direktivet är att medlemsländerna tillsammans ska arbeta med gemensamma åtgärder för att skydda och förbättra allt vatten inom EU. Målet med vattendirektivet är att alla länderna ska uppnå så kallad god vattenstatus år 2015. Direktivet gäller för allt ytvatten och grundvatten inom EU oavsett storlek eller andra egenskaper (Hägerhäll, Vidarve, 2003). God vattenstatus bedöms utifrån den kemiska och ekologiska statusen som vattnet har. Med en god kemisk status menas att vattnet ska vara fritt från förorenande ämnen. En god ekologisk status syftar till att den hydrauliska morfologin d.v.s. flöden, vattendjup, strand och vattendragets sträckning ska vara så nära som möjligt de naturliga förhållandena (Hägerhäll, Vidarve, 2003). Det ställs inget krav på att allt vatten ska ha uppnått en god vattenstatus innan 2015. Däremot ställs det krav att aktivt sträva efter att uppnå de förskrivna målen och att det finns väl utarbetade åtgärdsprogram som följer dem (Hägerhäll, Vidarve, 2003).

För att förhindra att vattendragen blir förorenade har EU kommissionen fastställt en lista på 33 prioriterade ämnen och ämnesgrupper (Hägerhäll, Vidarve, 2003). Dessa ämnen anses som farliga eller utgör en risk för vattnet och dess vattenmiljö. Avsikten med listan över de prioriterade ämnena är att utsläppen av förorenande ämnen avsevärt ska minska eller upphöra fram till 2020 (Hägerhäll, Vidarve, 2003). Exempel på prioriterade ämnen är organiska halogener, metaller, arsenik, cyanider, kolväten och fosfor (Svenskt Vatten, 2011).

För att driva igenom målen i Ramdirektivet har Sverige delats upp i fem vattendistrikt: Bottnenviken, Bottenhavet, Norra Östersjön, Södra Östersjön och Västerhavet (Vattenmyndigheten, [online], 2012-04-29). På den regionala nivån finns länsstyrelsen som har det stora ansvaret för vatten och miljö i länet. De har till uppgift att övervaka tillståndet för allt vatten i länet och att hålla en öppen dialog med kommuner och lokala vattenintressenter (Vattenmyndigheten, [online], 2012-04-29). På lokal nivå är det myndigheter och kommuner som har det stora ansvaret, de beslutar om hur vattenanvändning och markanvändning ska ske inom kommunen (Vattenmyndigheten, [online], 2012-04-29).

I och med att Vattendirektivet trädde i kraft får man inte längre leda förorenat dagvatten ut i vattendragen utan någon eftertanke på vattnets kvalitet. Dagvattnet måste renas och det krävs därför långsiktigt hållbara system som kan åstadkomma detta.

Dagvattenstrategin i Malmö

I och med att Ramdirektivet för vatten trädde i kraft har kommunerna tvingats arbeta fram tydliga mål och strategier för bland annat dagvattenhantering och dagvattenplanering. Detta stycke talar om hur dagvattenstrategin i Malmö ser ut.

År 2000 togs det fram ett gemensamt underlag för dagvattenpolicyn i Malmö (Malmö Stad, 2008). Underlaget framställdes tillsammans med: Miljöförvaltningen, Gatukontoret Fastighetskontoret, Stadsbyggnadskontoret, och VA Syd. Underlaget innehåller grundprinciper vilket ska ligga till grund för ett långsiktigt hållbart system (Malmö Stad, 2008).

”Den naturliga vattenbalansen skall inte påverkas negativt av stadsbyggandet.

- *Tillförseln av föroreningar till dagvattensystemet skall begränsas så långt som möjligt.*
- *Dagvattensystemet skall utformas så att man undviker skadliga uppdämningar vid kraftiga regn.*
- *Dagvattensystemet skall utformas så att en så stor del av föroreningarna som möjligt kan avskiljas under vattnets väg till recipienten.*
- *Dagvattnet skall utnyttjas som en positiv resurs i stadsbyggandet.*
- *Primärt ska öppen avledning av dagvatten utnyttjas så långt som möjligt i nya planområden” (Malmö Stad, 2008. sid. 4)”.*

Den senaste tiden har Malmö inriktat sig på fördröjningsåtgärder för dagvattnet (Malmö Stad, 2008). Detta bland annat på grund av den begränsade kapaciteten i Risebergabäcken dit stora delar av östra Malmös dagvatten leds. Fördröjningsåtgärderna beror också på att stora delar av stadskärnan i Malmö har ett kombinerat ledningssystem för både dagvatten och spillvatten. Det kombinerade ledningssystemet måste transportera stora mängder dagvatten och spillvatten genom stadskärnan för att nå reningsverket (Malmö stad, 2008). Det kombinerade ledningssystemet är inte dimensionerat för att klara av den ökade mängden dagvatten och spillvatten när nya områden exploateras och när invånarna i staden ökar.

Terrängen i Malmö är flack och det finns få naturliga vattenvägar i landskapet (Malmö stad, 2008). Detta innebär att det måste skapas konstgjorda vattenvägar för att få vattnet att rinna på ytan och minimera risken för att infrastruktur ska komma till skada. Tidigare har det byggts dagvattendammar för att förhindra att föroreningar i dagvattnet ska nå recipienterna i Malmö. Fördelen med dagvattendammar är att föroreningarna samlas på ett ställe, nackdelen är att de inte försvinner (Malmö Stad, 2008). Idag har Malmö ändrat sin syn på dagvatten och insett att det inte är hållbart att bygga fler dagvattendammar efterhand som avrinningen ökar. Istället har man riktat fokus på att dagvattnet ska renas och framförallt satsat på förebyggande åtgärder så att föroreningar inte ska hamna i dagvattnet (Malmö Stad, 2008).

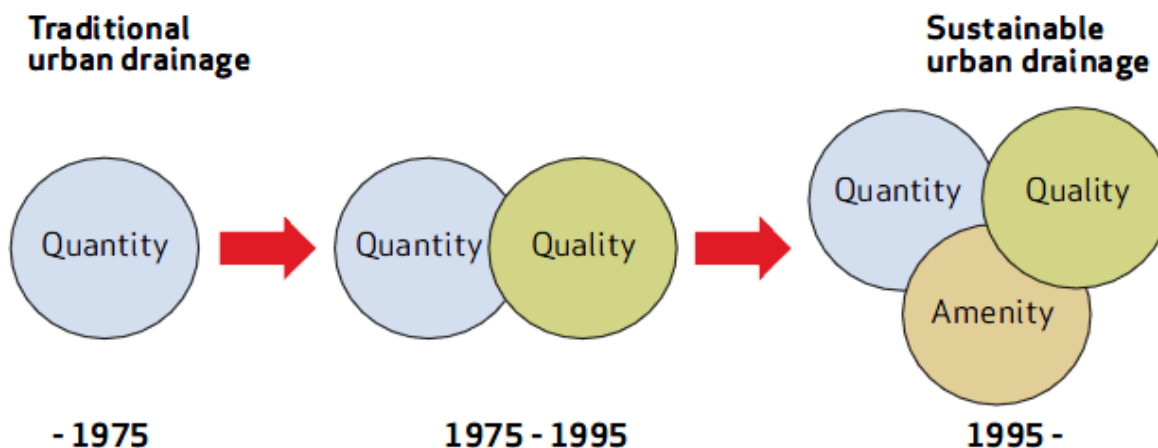
Dagvattenhantering i Sverige

Traditionell dagvattenhantering i tätortsbebyggda områden bygger på att leda ner dagvatten i underjordiska ledningssystem (Stahre, 2004). Det första underjordiska ledningssystemet byggdes i Stockholm i mitten på 1800-talet (Svenskt vatten, 2005). Dessförinnan leddes regn- och avloppsvatten tillsammans med avfall ut genom staden via öppna diken och rännstenar. Idag finns cirka 92 000 km kommunala ledningar nedgrävda i marken (Svenskt vatten, 2005). Av dessa är cirka 32 000 km dagvattenledningar och då är inte privata ledningsnät medräknat. Behovet av att förnya ledningsnätet ökar ständigt men det är ett arbete som tar lång tid och innebär stora kostnader (Svenskt vatten, 2005).

Fram till 1950 användes uteslutande ett kombinerat rörsystem i Sverige för både dagvatten och spillvatten (Stahre, 2004). Det kombinerade ledningssystemet medförde att reningsverken volymmässigt blev ”onödigt” hårt belastade. Efter 1960 gick städerna därför över till att bygga separerade ledningssystem för dagvatten och spillvatten, ett så kallat duplikatsystem (Stahre, 2004). Istället för att leda dagvattnet till reningsverket leds det nu istället i ett separerat ledningssystem direkt ut till recipienten. Trots att det inte längre byggs några kombinerade ledningssystem är det många tätorter som har kvar delar av det gamla systemet. När detta system blir överbelastat kan avloppsvatten tryckas upp till ytan, reningen försämras på reningsverken och det risk för att obehandlat avloppsvatten leds ut till recipienten (Stahre, 2004).

På 1970-talet introducerades begreppet ”LOD”, lokalt omhändertagande av dagvatten (Svenskt vatten, 2011). Avsikten med LOD vid denna tid var att bevara grundvattennivåer och arbeta med fördröjningsåtgärder samtidigt som avloppsnätet avlastades. Tyvärr resulterade många LOD lösningar i ett misslyckande på grund av misskalkyleringar och misstolkningar (Svenskt vatten, 2011). Många trodde att LOD innebar att allt vatten inom området skulle tas omhand utan något behov av kompletterande dagvattensystem. Detta ledde till översvämningar i områden med täta jordar som hade en dålig infiltration (Svenskt vatten, 2011). På grund av dessa misstolkningar fick LOD ett oförtjänt dåligt rykte som följde med under en längre tid.

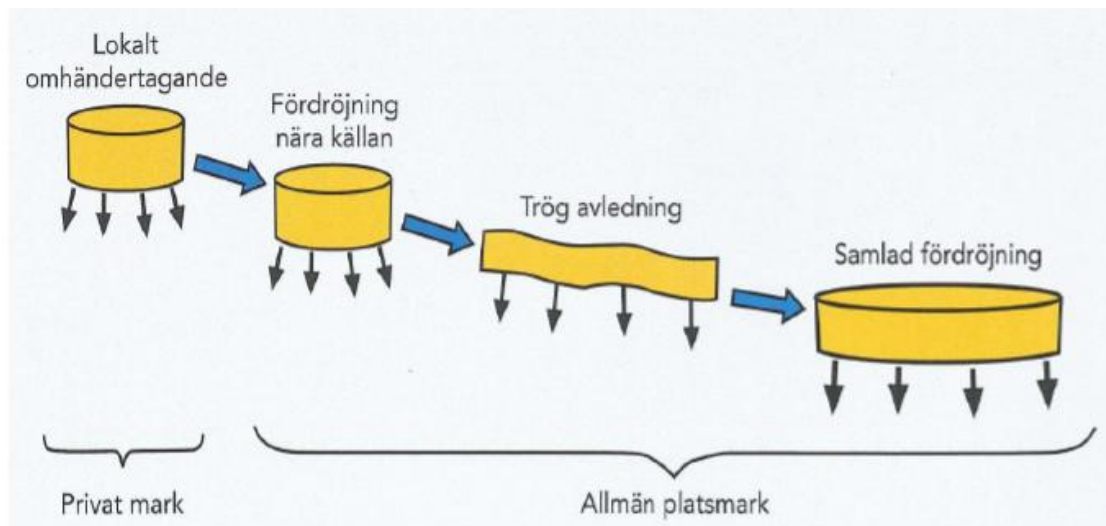
På 1990-talet hölls en konferens i Rio där FN presenterade långsiktiga mål och riktlinjer för en hållbar samhällsutveckling. Detta blev början på ett nytt förhållningssätt där dagvattenhantering och dess sociala kvalitéer uppmärksammades (Stahre, 2004). Det nya tankesättet kom senare att kallas för en hållbar dagvattenhantering. Synen på dagvatten förändrades (se figur 1) från att ses som ett problem, till att se det som en resurs för en hållbar samhällsutveckling (Stahre, 2004).



Figur 1: Figuren illustrera den förändrade synen på dagvatten i Sverige. Från traditionell dagvattenhantering med fokus på kvantitet till en hållbar dagvattenhantering med fokus kvantitet, kvalité och skönhetsvärden (ur: Stahre, 2008).

I en hållbar dagvattenhantering är målet att efterlikna den naturliga vattencykeln i så stor utsträckning som möjligt (Stahre, 2008). Detta kan göras med hjälp av trög avledning, infiltration, perkolation, uppsamlingsdammar och våtmarker. Systemet kan delas upp i fyra delmoment (se figur 2) där dagvattnet först tas omhand lokalt, fördröjs nära källan, leds vidare via en trög avledning och slutligen vidare till en samlad fördröjning (Stahre, P, 2008). Gemensamt för den här typen av system är att dagvattnet ofta blir synligt vid avrinningsmomentet (Stahre, P, 2008). Genom att synliggöra dagvattnet kan det bidra till positiva mervärden i staden (Stahre, 2004). Exempel på positiva mervärden är: ekonomiska, ekologiska, estetiska, biologiska, miljömässiga, tekniska, PR för staden och miljövärden (Stahre, 2004).

Begreppet "lokalt omhändertagande" eller "LOD" som det även brukar kallas är det första steget i en hållbar dagvattenhanteringskedja. LOD innebär en minskning och/eller fördröjning av dagvattnet på privat mark (Stahre, 2004). Exempel på åtgärder som används för lokalt omhändertagande är genomsläppliga beläggningar, gröna tak och infiltration på gräsytor. Fördröjning nära källan avser minskning och/eller fördröjning av dagvattnet på allmän platsmark. Exempel på åtgärder som används för detta är genomsläppliga beläggningar, infiltrationsytor, dammar och våtmarker (Stahre, 2004). Trög avledning av dagvatten sker oftast i öppna utdragna system och på allmän platsmark. Målet med en trög avledning är att minska mängden dagvatten och fördröja transporten av vattnet (Stahre, 2004). Teknisk utformning som används för en trög avledning är svackdiken, bäckar och kanaler. Vid en samlad fördröjning samlas dagvatten från större avrinningsområden på allmän platsmark och systemen är oftast öppna såsom dammar, våtmarker eller sjöar (Stahre, 2004).



Figur 2: Figuren illustrerar en hållbar dagvattenhanteringskedja (ur: Svenskt Vatten, 2011).

En förutsättning för att uppnå hållbara dagvattenlösningar är att det sker ett samarbete mellan de olika kompetenserna inom kommunen (Svenskt Vatten, 2011). På så sätt fås en bredare kunskap inom de olika områdena och oftast uppnås ett bättre resultat. Det krävs också en noggrann planering i både befintlig miljö och planerad bebyggelse. I en hållbar dagvattenhantering måste de lokala förutsättningarna på platsen noga utvärderas för att undvika fuktskador och översvämningar (Svenskt Vatten, 2011). Det är inte alla platser som lämpar sig för en öppen dagvattenhantering (Stahre, 2004). Det är de naturliga förutsättningarna på platsen som bör styra vilken typ av lösning som kan användas i ett specifikt område (Stahre, 2004). Dagvattnets föroreningsinnehåll är också en viktig aspekt som styr vilken typ av lösning som kan användas (Svenskt Vatten, 2011). I områden där dagvattnet är kraftigt förorenat kan det vara nödvändigt att rena dagvattnet innan det släpps ut i öppna system med infiltration. Stahre (2004) menar att både öppen hantering av dagvatten och det konventionella ledningssystemet har sina begränsningar. Även om begreppet hållbar dagvattenhantering innebär att efterlikna den naturliga vattencykeln behöver det inte alltid betyda att öppna dagvattensystem alltid är att föredra framför konventionella lösningar. Vidare menar Stahre (2004) att det är viktigt att öppna dagvattenlösningar och det konventionella ledningssystemet samspelar med varandra.

Nedan ges exempel på hållbara öppna dagvattenlösningar som används för dagvattenhantering i Sverige idag.

Gröna tak

Gröna tak är en teknisk lösning som kan användas inom privat mark för att reducera dagvatten (Stahre, 2004). Gröna tak går ut på att placera levande växtlighet ovanpå tak (Stahre, 2004). Traditionellt sett består växtligheten oftast av taklök, fetblad- och fetknoppsväxter (se figur 3). Vid små nederbörder kan gröna tak hålla kvar regnvattnet i vegetations-täcket. Enligt Stahre (2004) har gröna tak har visat sig vara en effektiv metod för att reducera korta nederbördsperioder. Ungefär hälften av den totala årsnederbörden som faller på ytan uppskattas avdunsta från ett grönt tak (Lönngrén, 2001; Stahre, 2004). Gröna tak minskar även värmeinstrålningen under sommarperioden och sänker därmed energiförbrukningen för luftkonditionering (Lönngrén, 2001).



Figur 3: Sedumtak på miljöhus i Växjö (foto: Vegtech).

Genomsläppliga beläggningar

Vattengenomsläppliga beläggningar är en teknisk lösning för att reducera dagvatten. Som kan placeras inom både privat och allmän platsmark (Stahre, 2004). Genomsläppliga beläggningar har en konstruktion som tillåter en del av dagvatten att infiltrera ner i marken, samtidigt som de ska tåla olika kraftiga belastningar (Stahre, 2004). Exempel på genomsläppliga beläggningar är singel, naturgrus, natursten med genomsläppliga fogar, permeabel asfalt och hålad marksten med gräs- eller grusarmering (se figur 4). De genomsläppliga beläggningarna kan konstrueras för att möjliggöra en infiltration till den underliggande marken. De kan också konstrueras med ett dräneringsrör i underbyggnaden som leder vidare vattnet i dagvattenkedjan (Stahre, 2004). Enligt Stahre (2004) kan genomsläppliga beläggningar placeras inom både privat och allmän platsmark. De bör däremot inte placeras i områden med kraftigt förorenat vatten då risken är stor att beläggningen täpps igen och får en försämrad infiltrationsförmåga (Stahre, 2004).



Figur 4: Genomsläpplig beläggning, marksten med gräsarmering.

Svackdiken

Svackdiken är ett öppet avledningsstråk klätt med gräs som både kan transportera och infiltrera dagvattnet (Stahre, 2004). Tidvis kan diket vara torrlagt men vid regn fylls diket med överskottsvatten från området (Stahre, 2004). Dikena är grunda men har flacka slänter (se figur 5) vilket gör att de kan transportera relativt stora mängder vatten (Svenskt Vatten, 2011). Svackdike har en hög magasineringsförmåga som kan förstärkas ytterligare med hjälp av en stenfylld botten (Stahre, 2004). Enligt Stahre (2004) kan svackdiken placeras inom både privat- och allmän platsmark. På privat mark kan dikena användas för att ta hand om överskottsvatten från flera fastigheter inom ett område. På allmän platsmark kan dikena exempelvis användas för att ta hand om dagvatten från närliggande vägyta (Stahre, 2004).

Dammar

Dagvattendammar är ett effektivt sätt att rena och fördröja dagvattnet (Svenskt Vatten, 2011). Enligt Stahre (2004) kan dammar placeras på både privat och allmän platsmark. På privat mark kan de användas för att samla upp och lokalt fördröja dagvattnet innan det leds vidare till en samlad fördröjning. På allmän platsmark kan dem användas som en samlad fördröjning långt nedströms i avrinningsområdet (Svenskt Vatten, 2011). Dagvattendammar är idag det vanligaste sättet att fördröja dagvatten (Stahre, 2004). En förklaring till detta kan vara att dagvattendammar har fler kvalitéer än att rena dagvattnet. Dagvattendammar kan vara ett positivt inslag i miljön som bidrar till en ökad biologisk mångfald och mänskliga upplevelsevärden (se figur 6).



Figur 5: Gräsbeklätt svackdike.



Figur 6: Dagvattendamm i Bro (foto: Vegtech).

Vad är en Rain Garden?

En Rain Garden kan beskrivas som en sänkning i landskapet, täckt med vegetation dit dagvatten kan ledas (Prince George's County, 2007). Konceptet bygger på att efterlikna den naturliga hydrologiska vattencykeln och att ta hand om dagvattnet så nära källan som möjligt. En korrekt konstruerad Rain Garden bör kunna infiltrera och rena vatten på liknande sätt som sker i naturliga miljöer (Prince George's County, 2007). Istället för att leda ner dagvatten i ett underjordiskt ledningssystem kan vattnet ledas till en Rain Garden (FAWB, 2009). Konstruktionen består av en yta täckt med vegetation ovan ett preparerat filtermaterial och ett dräneringsrör i botten (Prince George's County, 2007). Enligt FAWB (2009) är Rain Garden generellt ganska små till ytan i relation till avrinningsområdet. En grov tumregel är att ytan på Rain Garden bör vara mellan 2 och 4 % i förhållande till avrinningsområdet (FAWB, 2009). När det regnar leds dagvattnet in i Rain Garden via avrinning från hårdgjorda ytor. Delar av vattnet avdunstar till atmosfären, tas upp av växterna, eller infiltrerar ner i filtermaterialet (Prince George's County, 2007). Det har visat sig att Rain Garden har en stor förmåga att reducera toppflöden och avrinningsvolym (FAWB, 2009; Virginia, 2011). Enligt FAWB (2009) kan Rain Garden i genomsnitt reducera toppflöden med 80 % och totala avrinningsvolym med 30 %, beroende på storlek och konstruktion. I filtermaterialet renas dagvattnet från föroreningar via kemikaliska, fysikaliska och biologiska processer (FAWB, 2009; 2007; NCDENR, 2005). Beroende på vilka förutsättningar som finns på platsen kan en Rain Garden antingen vara designad för att möjliggöra infiltration till den underliggande jorden. Leda vidare vattnet med hjälp av ett dräneringsrör i botten eller en kombination av dem båda (Virginia, 2011; FAWB, 2009).

Den första prototypen av en Rain Garden konstruerades tidigt på 1990-talet i USA Prince George's County, Maryland (Wise, 2008). Det var Larry Coffman, den dåvarande chefen på Environmental Services Division som kom med idén till prototypen. I Maryland var man orolig för det förorenade dagvattnet som smutsade ner havet utanför staden. Coffman ville då visa att det gick att ta hand om dagvattnet med hjälp av naturlig infiltration istället för att leda ner det i det traditionella rörsystemet (Wise, 2008). Han omvandlade därför en restyta på en parkeringsplats till en planteringsbädd, dit dagvatten leddes. Asfalt och grus togs bort och ersattes med en genomsläpplig, porös jord vilken sedan planterades med inhemska växter (Wise, 2008). De fortsatta försöken med Rain Garden gav imponerande resultat. I Somerset, Maryland lyckades staden reducera avrinningen från hårdgjorda ytor till täckta ledningar med hela 20 % genom att använda sig av Rain Garden och svackdiken (Wise, 2008). Detta resulterade i att fler Rain Garden byggdes och år 1999 publicerades den första tekniska manualen. Den tekniska manualen har sedan byggts på och utvecklats till en standardisering som gäller för hela Maryland, "*The 2007 Maryland Stormwater Management*". Målet med manualen är att förebygga avrinning från hårdgjorda ytor och ta hand om dagvatten så nära källan som möjligt med hjälp av: Rain Garden, gröna tak och svackdiken etc. (Wise, 2008). Konceptet används idag i flera andra amerikanska städer men också i andra delar av världen (Wise, 2008).

Reningsfunktion

Rain Garden renar dagvattnet från föroreningar på liknande sätt som sker i naturen. Reningen sker med hjälp av kemikaliska, fysikaliska och biologiska processer (FAWB, 2009; NCDENR, 2005). Sedimentation är det första steget i reningsprocessen som sker i en Rain Garden (Hunt, White, 2001). Dagvattnet som leds till en Rain Garden innehåller en stor mängd suspenderade partiklar (Hunt, White, 2001). Suspenderade partiklar kan bestå av organiskt eller oorganiskt material som är bundna till föroreningar. Vatten som rör sig snabbt har mer energi än stillastående vatten och kan därför hålla de suspenderade partiklarna svävande i vattnet (Hunt, White, 2001). När vattnet leds in i Rain Garden bromsas hastigheten på vattnet och de suspenderade partiklarna sjunker ned till ytan på filtermaterialet (Hunt, White; NCDENR, 2005).

Filtrering är nästa steg i reningsprocessen. Vid filtrering fastnar föroreningar i filtermaterialet när vattnet passerar igenom filtret (Prince George's County 2007; Claytor, Schueler, 1996; NCDENR, 2005). Filtrering är mest reningseffektivt mot de större partiklarna i dagvattnet och strukturen på filtret har stor betydelse för filtreringsförmågan. Ju finare material filtret består av desto bättre blir filtreringen (Claytor, Schueler, 1996). Adsorption är en kemisk process som sker vid filtrering och kan rena dagvattnet från lösta näringsämnen, organiska föroreningar och metaller (Claytor, Schueler, 1996; NCDENR, 2005). När dagvatten filtreras binds föroreningarna på ytan av filtrets material. Adsorptionsförmågan ökar i filtermaterial som innehåller mycket lera och organiskt material (Claytor, Schueler, 1996; NCDENR, 2005). Enligt Blecken (2010) hålls föroreningar tillbaka redan i det översta lagret av filtret. Detta gör att föroreningarna enkelt kan avlägsnas genom att skrapa bort det översta lagret av filtermaterialet och ersättas med nytt (Blecken, 2010).

Under växtsäsongen tar växterna upp fosfor och kväve ur vattnet som de omvandlar till biomassa (Hunt, White, 2001; NCDENR, 2005; Claytor, Schueler, 1996). Eftersom näringsämnen inte förbrukas utan endast lagras i växternas biomassa måste döda växtdelar föras bort för att näringsämnena skall kunna avlägsnas från platsen. Om döda växtdelar får ligga kvar i Rain Garden kommer näringsämnena återföras i systemet (Claytor, Schueler, 1996; Hunt, White, 2001). Växternas rötter hjälper också till att rena vattnet då det har en förmåga att binda föroreningar och förhindra dem från att transporteras vidare ner i filtret (NCDENR, 2005; Claytor, Schueler, 1996).

I filtermaterialet finns en naturlig mängd mikroorganismer vilka kan omvandla näringsämnen samt bryta ner organiska föroreningar (Claytor, Schueler, 1996; NCDENR, 2005; Prince George's County 2007). De två viktigaste mikroorganismerna i en Rain Garden är nitrifikation -och denitrifikationsbakterier (Claytor, Schueler, 1996). Dessa bakterier kräver två olika livsmiljöer. Nitrifikationsbakterier arbetar bäst vid syrerika miljöer med små mängder av organiskt material medan denitrifikationsbakterier gynnas av en syrefattig miljö med höga halter av organiskt material. Nitrifikationsbakterier är viktiga för kvävereningen, och sköter det första steget i kvävereningsprocessen som sker i filtermaterialet (Claytor, Schueler, 1996; NCDENR, 2005). Då organiskt material förmultnar omvandlar nitrifikationsbakterierna ammoniumkväve till nitratkväve. Nitratkväve kan sedan omvandlas av denitrifikationsbakterier till kvävgas som slutligen kan försvinna ut i atmosfären (Claytor, Schueler, 1996; NCDENR, 2005).

Rain Garden har visat sig vara ett effektivt sätt att rena dagvatten på (se tabell 1) (Prince George County, 2007). Det som påverkar reningseffekten förutom utformningen av konstruktionen är mängden dagvatten som leds till Rain Garden och koncentrationen av föroreningar i dagvattnet. Studier har visat att små Rain Garden med ett mindre avrinningsområden är mer effektiva än större anläggningar (Prince George's County 2007).

Tabell 1. Rapporterade reningseffekter för Rain Garden (Prince George's County, 2007).

Ämne	Reningsförmåga (%)
TSS (suspenderade partiklar)	97
TP (totalt fosfor)	35-65
TN (totalt kväve)	33-66
Cu (koppar)	36-93
Pb (bly)	24-99
Zn (zink)	31-99
Olja & fett	99
Bakterier	70

Användning och utformning

Rain Garden kan placeras inom privat- (se figur 8) och allmän platsmark, både i ett urbant eller icke urbant läge (Virginia, 2011; FAWB, 2009; Prince George's County, 2007). Eftersom målet med Rain Garden är att ta hand om dagvattnet lokalt bör de placeras i närheten av källan där avrinningen uppstår (George's County, 2007). För att platsen ska vara lämplig krävs det en yta som kan transportera dagvattnet till bädden (FAWB, 2009). Rain Garden är inte lämpliga att placera i allt för kraftigt ondulerade områden. Enligt Virginia (2011) bör platsen ha en lutning större än 1 % men mindre än 5 %. Fördelen med Rain Garden är att den har en flexibel konstruktion som kan anpassas till det befintliga landskapet (FAWB, 2009; Indianapolis, 2008; Prince George's County, 2007). I en urban miljö kan Rain Garden integreras i det befintliga landskapet med hjälp av kantstöd med uppgående vertikala sidor (se figur 7) (Virginia, 2011). Rain Garden förmåga att anpassa sig till det befintliga landskapet gör att det är ett av få alternativ som är kostnadseffektivt att placera i en redan bebyggd miljö (Indianapolis, 2008). Exempel på platser där Rain Garden används med framgång är parkeringsplatser, längs med gator, refuger, privata bostadsområden, industriområden eller andra typer av restytor (Virginia, 2011; Prince George's County, 2007; Indianapolis, 2008).



Figur 7: Rain Garden på allmän platsmark i ett urbant landskap Den här typen av konstruktion kan ibland kallas för *"Stormwater Planter"* enligt litteraturen foto: Kevin Robert Perry – City of Portland (ur: San Mateo, 2009)



Figur 8: Rain Garden på privat mark foto: IANRCS (ur: San Mateo, 2009)

CIRIA (2007) menar att det inte finns någon bestämd form för hur en Rain Garden bör se ut. Varje konstruktion är unik och formen bör därför anpassas till de rådande förutsättningarna på platsen. CIRIA (2007) rekommenderar däremot en minimum bredd på 3 meter och en bredd/längd förhållande på 2:1. Vidare rekommenderar CIRIA (2007) ett översvämningsdjup på max 150 mm för att vattnet tillfälligt ska kunna samlas på ytan av filtermaterialet. Storleken på Rain Garden styrs utifrån hur mycket vatten som skall omhändertas i konstruktionen. En grov tumregel är att ytan på Rain Garden ska vara mellan 2-4 % av avrinningsområdets storlek (FAWB, 2009). Det går också på ett mer exakt sätt att räkna ut hur stor ytan på Rain Garden bör vara. Genom att först ta reda på hur mycket vatten som konstruktionen ska kunna ta hand om kan sedan ekvation (se Formel 1) användas för att räkna ut hur stor ytan på Rain Garden behöver vara (CIRIA, 2007).

Formel.1 Ekvation för hur stor yta en Rain Garden bör ha i förhållande till mängden vatten som ska tas omhand (Enligt: Ciria, 2007)

$$A_f = V_t \times L \div K (h \times L) t$$

A_f = Infiltrationsbäddens yta (m^2)

V_t = Volymen vatten som ska behandlas (m^3)

L = Filterbäddens djup (m)

K = Filtermaterialtes genomsläpplighet, halva K_s värdet används på grund av minskning med tiden (m/s)

h = Genomsnittlig vattenhöjd över filterbädden, halva maxhöjden (m)

t = Tiden för vattenvolymen att infiltrera i bädden, max 48 h (s)

Konstruktion

Flöden

För att leda in dagvattnet till en Rain Garden krävs ett inflöde. Inflödet bestämmer hur mycket vatten som ska ledas in i Rain Garden och med vilken hastighet (FAWB, 2009). Inflödet kan till exempel vara ett dräneringsrör, en gräsremsa eller en hårdgjord yta som vattnet kan rinna över (Virginia, 2011; FAWB, 2009). Det är viktigt att vattnet som leds in i en Rain Garden fördelas väl i bädden för att förebygga erosion av filtermaterialet och för att systemet ska fungera väl (Indianapolis, 2008; FAWB, 2009). För att få en jämnare fördelning av vattnet kan därför flera inflöden användas (FAWB, 2009). För att ytterligare förhindra en erosion av filtermaterialet kan stenar placeras vid inflödets mynning för att bromsa upp hastigheten på vattnet (FAWB, 2009; Prince George's County, 2007).

Rain Garden bör också vara utrustade med ett breddavlopp vilket ökar säkerhet vid höga vattenflöden (FAWB, 2009; Prince George's County, 2007). Breddavloppet leder ut vatten som inte hunnit infiltrera då vattnet stiger till en viss bestämd höjd. Breddavloppet kan integreras med det konventionella rörsystemet men kan även kopplas till en annan Rain Garden (FAWB, 2009; Prince George's County, 2007).

Filtermaterial

Den viktigaste komponenten i en Rain Garden är filtermaterialet (Virginia, 2011). Det ställs höga krav på filtrets struktur för att en Rain Garden ska fylla sin funktion (Virginia, 2011). Materialet måste ha en hög infiltrationsförmåga för att det inte ska bli stående vatten under någon längre period. Filtermaterialets syfte är att möjliggöra infiltration, rena vattnet från föroreningar samtidigt som det ska ge växterna rätt förutsättningar för att kunna växa på platsen (FAWB, 2009; Hinman et.al., 2009; Prince George's County 2007). För att vattnet ska kunna infiltrera tillräckligt snabbt måste filtermaterialet ha en hög hydraulisk konduktivitet. Den hydrauliska konduktiviteten är ett mått på markens vattengenomsläpplighet, ju högre hydraulisk konduktivitet desto snabbare kan vattnet infiltrera igenom materialet, detta mäts i mm/h eller m/s (FAWB, 2009; Hinman et.al., 2009). Filtermaterialet ska kunna dränera bort det synliga vattnet inom 48 timmar för att Rain Garden ska kunna ta hand om fler efterföljande regn och samtidigt erbjuda växterna någorlunda växtbetingelser (FAWB, 2009, Prince George's County, 2007). Seymour (2005) menar att vattnet i en Rain Garden inte får bli stående vid ytan i mer än 48 timmar för att undvika att myggpopulationer utvecklas. Mygg kräver nämligen stående vatten i längre perioder än detta för att deras ägg ska hinna kläckas (Seymour, 2005).

Hur en Rain Garden ska konstrueras beror på vilka förutsättningar som finns på platsen (FAWB, 2009; Prince George's County, 2007). På privata villatomter kan förenklade former av Rain Garden konstrueras (Virginia, 2011). Istället för ett tillverkat filtermaterial kan den naturliga jorden som finns på platsen användas. En förutsättning för att kunna använda den befintliga jorden är att den kan infiltrera vatten och att grundvattnet inte står för högt upp vid ytan (Virginia, 2011). De naturliga jordarna kan delas in i fyra hydrologiska jordgrupper, grupp A, B, C, och D (Mark A. Marek, 2011).

Grupp A

Jordgrupp A karakteriseras av en grövre struktur som till mesta del består av sand eller aggregerad silt. Dessa jordar har en låg avrinningspotential eftersom de har en hög förmåga att infiltrera vatten. Jordgrupp A har en hydraulisk konduktivitet mellan 7,6 - 11,4 mm/h (Mark A. Marek, 2011).

Grupp B

Jordgrupp B karakteriseras av en fin till grov texttur som exempelvis sandig lerjord. Jordgrupp B har en hydraulisk konduktivitet mellan 3,8–7,6 mm/h (Mark A. Marek, 2011).

Grupp C

Jordgrupp C karakteriseras av en fin textur med lågt organiskt innehåll och en hög lerhalt, exempelvis sandig siltig mellanlera eller sandig lättlera. Dessa jordar har en hydraulisk konduktivitet mellan 1,3–3,8 mm/h (Mark A. Marek, 2011).

Grupp D

Jordgrupp D karakteriseras av en fin textur och består till mesta del av lera. Marken har en hög avrinningspotential eftersom infiltrationskapacitet är dålig. Lerhalten gör att dess jordar har en hög svällningspotential när de blir blöta. Jordar med en hög svällningspotential drar lättare till sig vatten och sväller upp när de är blöta. Dessa jordar har en hydraulisk konduktivitet lägre än 1,3 mm/h (Mark A. Marek, 2011).

Enligt Virginia (2011) bör användandet av Rain Garden inte styras utifrån vilken hydrologisk jordgrupp som finns på platsen. Däremot avgör jordens egenskaper huruvida ett dränerande system är nödvändigt eller inte. Virginia (2011) menar att jordgrupp A oftast inte behöver ett dränerande system medan jordgrupp B, C och D kräver ett dränerande system.

I urbana sammanhang ställs det högre krav på Rain Garden konstruktion eftersom avrinning från urbana platser ofta innebär stora vattenvolymer och höga flöden under korta perioder (FAWB, 2009). Dagvatten från urbana platser innehåller också betydligt mer föroreningar än avrinning från naturlig mark, föroreningar som kan vara skadliga för människor, djur och växter (FAWB, 2009). Det ställs därför högre krav på en Rain Garden konstruktion i offentliga urbana miljöer än kraven på en Rain Garden i en icke urban plats (FAWB, 2009). Enligt FAWB (2009) och Virginia (2011) krävs därför ett filtermaterial med en betydligt högre hydrauliska konduktiviteten. FAWB (2009) menar att filtermaterialet bör ha en hydraulisk konduktivitet på minst 100 mm/h. Det finns inga naturliga jordar som har en hydraulisk konduktivitet som motsvarar detta (Mark A. Marek, 2011), därför menar FAWB (2009) att det krävs ett konstgjort filtermaterial.

Enligt FAWB (2009) och Hinman et.al (2009) är det viktigt att filtret består av både fina och grova kornstorlekar. Sand är ett grövre material som har en hög hydraulisk konduktivitet medan lera är ett finare material med en låg hydraulisk konduktivitet (FAWB, 2009; 2011; Hinman et.al, 2009). Om filtret endast innehåller en grövre kornstorlek kommer vattnet att dräneras bort för snabbt vilket får en negativ påverkan på reningen. Om filtret endast består av finare kornstorlekar kommer infiltrationen försämrats vilket medför att det kan bli stående vatten under en längre period (FAWB, 2009; Hinman et.al, 2009).

Tabell 2. Exempel på filtermaterialets sammansättning i Rain Garden-konstruktioner inom urbana miljöer enligt FAWB (2009) och Virginia (2011).

FAWB (2009)		Virginia (2011)	
<0.05 mm	<3 %	Sand	85-88 %
0.05-0.15 mm	5-30 %	Sandig lerjord/Lerig Sandjord	8-12 %
0.15-0.25 mm	10-30 %	Mullhalt	3-5 %
0.25-1.0 mm	40-60 %	Ph	6-7
1.0-2.0 mm	7-10 %	Lerhalt	max 5 %
2.0-3.4 mm	<3 %		
Mullhalt	< 3 %		
Ph	5,5-7,5		
Lerhalt	max 3 %		

Rekommendationerna för filtermaterialets djup varierar i de tekniska manualerna (se tabell 2) (FAWB, 2009; Virginia 2011). Enligt FAWB (2009) bör minsta filterdjup för gräs, buskar och perenner vara 300 mm och för träd rekommenderas ett minsta filterdjup på 800 mm. Virginia (2011) rekommenderar istället ett minsta filterdjup på ca 450 mm (18 tum) för gräs, buskar och perenner. Om stora träd ska planteras rekommenderar Virginia (2011) ett minsta filterdjup på ca 1200 mm (48 tum).

Vegetation

Växterna i en Rain Garden har en mycket viktig roll då de medverkar i reningsprocessen och reducerar vattenmängden genom avdunstning (Hunt, White, 2001; NCDENR, 2005; Claytor, Schueler). Växterna hjälper också till att behålla strukturen och den hydrauliska konduktiviteten i filtermaterialet, eftersom rotsystemen bildar kanaler som vattnet lättare kan infiltrera igenom (FAWB, 2009). En Rain Garden ställer höga krav på växternas strategier då de måste tolerera perioder av torka samtidigt som de måste klara av perioder med tidvis stående vatten (Prince George's County, 2007; FAWB, 2009; Virginia, 2011). Om en Rain Garden ska användas som snöupplag vintertid eller ska kunna ta emot smältvatten, bör växterna också vara salttoleranta för att kunna klara av att växa på platsen (Virginia, 2011). Vegetationen i en Rain Garden kan bestå av örter, gräs, perenner, annueller, buskar och träd så länge de är anpassade för ståndorten (Virginia, 2011). Prince George's County (2007) och Virginia (2011) hävdar att växterna i en Rain Garden endast ska bestå av inhemska arter från närområdet. Prince George's County (2007) menar att inhemska växter har en bättre förmåga att tolerera stress och anpassa sig för ståndorten. FAWB (2009) och Indianapolis (2008) anser att Rain Garden kan planteras med både kulturodlade och inhemska växter. FAWB (2009) menar att växtvalet i första hand bör styras utifrån platsen förutsättningar. De skilda rekommendationerna kan bero på individuella erfarenheter, geografiska förutsättningar eller traditionella aspekter.

Marktäckning

Enligt Virginia (2011) kan ett 50-70 mm tjockt lager av träflis eller bark läggas ut som marktäckning över filtermaterialet. Alternativt kan marktäckande växter, sjösten eller kokosmatta användas som täckmaterial. Enligt FAWB (2009) bör marktäckning med träflis eller bark undvikas eftersom breddavloppet kan täppas igen. FAWB (2009) hävdar att täckningsmaterialet kan flyta upp till ytan när vattnet i Rain Garden stiger, vilket kan medföra en igentäppning av breddavloppet. FAWB (2009) menar att marktäckning kan ske på naturlig väg genom att använda sig marktäckande växter. Enligt Prince George's County (2007) kan Rain Garden designas både med och utan ett marktäckande lager av flis. Fördelen med ett marktäckande lager är att det skyddar filtermaterialet från erosion och uttorkning men hjälper också till att filtrera dagvattnet från föroreningar (Prince George's County 2007). De skilda rekommendationerna för marktäckning kan bero på om huruvida konstruktionen innefattar ett breddavlopp eller inte, vilket inte framgår i Virginia (2011).

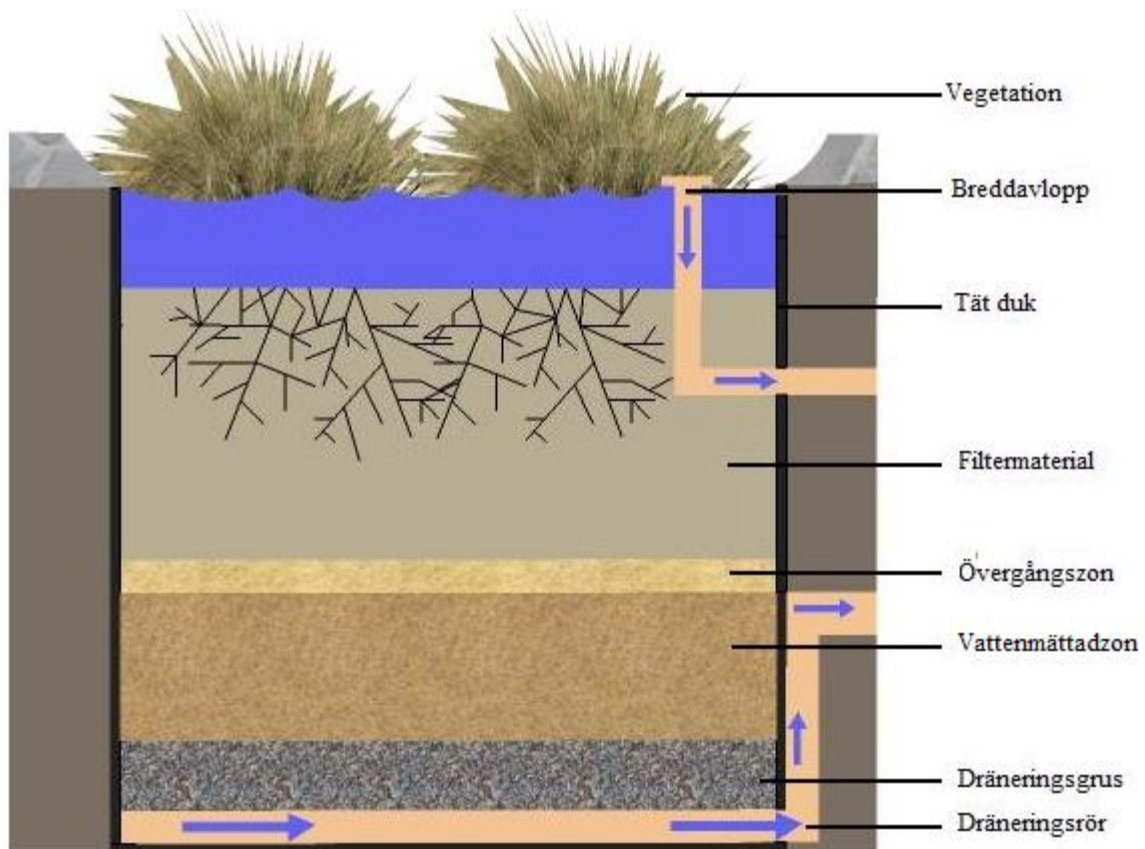
Vattenmättad zon

En vattenmättad zon kan placeras i en Rain Garden för att skydda filtermaterialet från att torka ut vid långa perioder utan regn (FAWB, 2009; Blecken, 2010). Enligt Blecken (2010) har en vattenmättad zon en positiv inverkan på metallavskiljning och kväverening av dagvattnet. Forskningsresultat har visat att torkperioder längre än 3-4 veckor ger en negativ påverkan på reningsförmågan av metaller (Blecken, 2010). För att skapa en vattenmättad zon krävs det att konstruktionen är tät i botten (se figur 10), detta kan göras genom att placera en flexibel gummiduk i botten av konstruktion (FAWB, 2009; Prince George's County 2007). En tät konstruktion bör även användas i situationer där en infiltration till grundvattnet inte är möjlig. Det kan vara i situationer där byggnader och infrastruktur behöver skyddas, men också om den omgivande jorden har en låg hydraulisk konduktivitet eller om grundvattnet står högt upp i markytan (FAWB, 2009; Prince George's County 2007). Enligt FAWB (2009) bör den vattenmättade zonen vara minst 300 mm för att ge någon verkan och skyddar då även filtret från att torka ut i upp till fem veckor utan nederbörd. I klimat med längre torkperioder bör den vattenmättade zonen utökas med 120 mm för varje vecka utan nederbörd (FAWB, 2009).

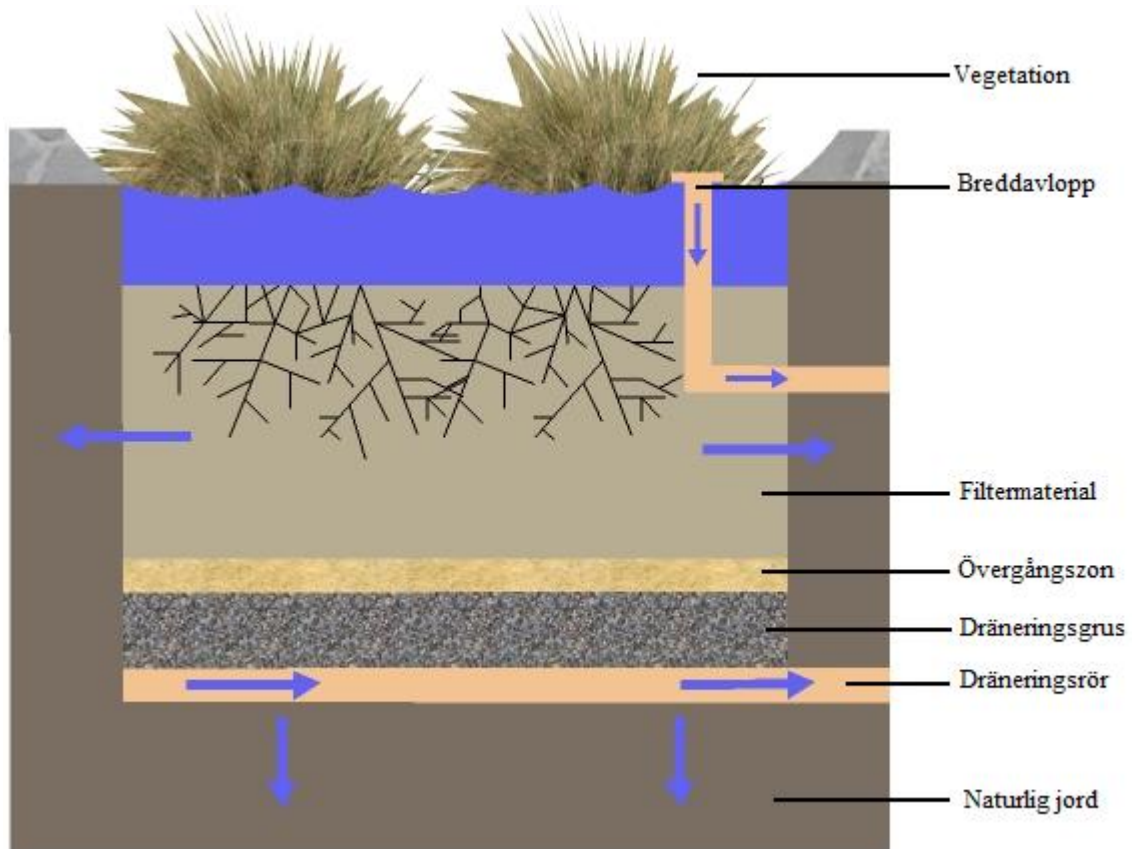
I botten av den vattenmättade zonen bör en kolkälla tillsättas för att öka reningseffekten av kväve (FAWB, 2009; Blecken, 2010). FAWB (2009) rekommenderar att materialet i den vattenmättade zonen ska bestå utav en blandning av mellansand, grovsand och grus. Kolkällan bör bestå av 5 % mull- och 5 % träflis av den totala volymen av den vattenmättade zonen (FAWB, 2009). Mellan filtermaterialet och den vattenmättade zonen kan en övergångszon läggas ut för att undvika att filtermaterialet spolask ner i den vattenmättade zonen (FAWB, 2009). Övergångszonen bör vara minst 100 mm och materialet bör bestå av en tvättad sand som innehåller <2 % lera och silt (FAWB, 2009). Studier har visat att ett dubbelt lager av övergångszonen bidrar till att det renade vattnet i utflödet blir mindre grumligt, eftersom mängden suspenderade partiklarna i vattnet minskar (FAWB, 2009).

Dränering

Enligt Prince George's County (2007) bör alla typer av Rain Garden ha ett dränerande system i botten av konstruktionen bestående av ett dränerande material eller ett dräneringsrör (se figur 11). Det dränerande systemet måste ha en högre infiltrationshastighet än filtermaterialet för att kunna dränera bort vatten tillräckligt snabbt (Prince George's County 2007). Enligt FAWB (2009) och Virginia (2011) ska dräneringslagret täcka dräneringsröret med minst 50 mm för att inte det överliggande materialet ska spolask in i dräneringsröret. Materialet i dräneringslagret bör vara tvättat fingrus i fraktionen 2-5 mm (FAWB, 2009). För standardiserade Rain Garden utan en vattenmättad zon kan dräneringslagrets tjocklek variera beroende på lutningen av dräneringsröret samt storleken på den aktuella Rain Garden (FAWB, 2009). Dräneringsröret bör vara ett perforerat pvc-rör, där de perforerade hålen inte får vara större än fraktionen på det överliggande dräneringslagret annars finns risk att dräneringslagret spolask ner i dräneringsröret (FAWB, 2009). För Rain Garden med en vattenmättad zon ska dräneringsrör och utlopp placeras så att den vattenmättade zonen har möjlighet att magasinera vatten (FAWB, 2009).



Figur 9: Rain Garden med en tät konstruktion och vattenmättad zon.



Figur 10: Rain Garden med öppen konstruktion och infiltration till den omgivande jorden.

Ekonomi och skötsel

För att en Rain Garden ska prestera bra under längre perioder krävs en regelbunden skötsel (Virginia; 2011; FAWB, 2009). Virginia (2011) menar att det behöver utformas individuella skötselplaner för varje Rain Garden eftersom konstruktionerna ofta skiljer sig från varandra. Sedimenterade partiklar från dagvattnet kan göra att filtermaterialet täpps till, därför krävs det att filtermaterialet byts ut med jämna mellanrum. Enligt Blecken (2010) fastnar det mesta av föroreningarna i det översta lagret av filtermaterialet. Detta innebär att det ofta räcker att ta bort det översta lagret i filtermaterialet. Enligt Sundin (2012) refererar till dagvattenforskare Godecke-Tobias Blecken. Kan det översta lagret av filtret behöva bytas ut inom 5-25 år och hela filtret behöver bytas inom 25-50 år. Davies et.al (2003) menar att de mesta av föroreningarna fastnar i de översta 20 cm och har beräknat att filtermaterialet har en livslängd på över 20 år innan metallkoncentrationerna i filtermaterialet når toxiska värden.

Förutom underhåll av filtermaterialet krävs också en kontinuerlig tillsyn av inflöde, breddavlopp och det dränerande systemet (Virginia, 2011; FAWB, 2009). En kontinuerlig renhållning från skräp är också viktigt eftersom skräp kan täppa igen filtermaterial, inflöde och breddavlopp (FAWB, 2009). Om ett organiskt material används som marktäckning krävs det en fortlöpande tillförsel av organiskt material eftersom det organiska materialet bryts ner. Virginia (2011) rekommenderar att den organiska marktäckningen byts ut vart tredje år.

Då vegetationen i en Rain Garden har en betydande roll är det viktigt att det sker en regelbunden skötsel och återplantering av nya växter om dessa dör (Virginia, 2011). Växterna bör etableras så fort som möjligt för att förhindra att filtermaterialet kompakteras eller täpps igen (FAWB, 2009). Vid långa perioder utan regn kan det vara nödvändigt att stödbevattna växterna för att de inte ska dö av uttorkning. Växter som dör måste avlägsnas från platsen eftersom näringsämnen inte förbrukas utan endast lagras i växternas biomassa (Claytor, Schueler, 1996; Hunt, White, 2001).

Køpenhamns kommune (2011) har tillsammans med konsulter gjort en överslagsberäkning för att beräkna drift- och anläggningskostnader för Rain Garden. Beräkningar har gjorts på tre olika typer av fastigheter där regnvatten från tak leds till Rain Garden (se tabell 3). Kostnaderna är beräknade utifrån en livslängd på 25 år och driftskostnaderna beräknas utifrån ett timpris på ~ 360 SEK (300 DK). Materialkostnaderna är inte specificerade i detalj men siffrorna ger en indikation till vad de ungefärliga kostnaderna för en Rain Garden kan tänkas vara (Køpenhamns kommune, 2011).

Tabell 3. Överslagsberäkning av kostnader för Rain Garden i olika storlekar (Køpenhamns kommune, 2011).

Typ av utgift	Privat hus (140 m ²)	Bostadsområde (2 000 m ²)	Kontorsbyggnad (5 700 m ²)
Anläggningsutgift kr	~ 4 800 SEK (4 000 DK)	~ 53 000 SEK (44 000 DK)	~ 175 000 SEK (146 500 DK)
Driftskostnader kr/år	~ 3 400 SEK (2 850 DK)	~ 26 300 SEK (22 000 DK)	~ 54 400 SEK (45 500 DK)
Årlig utgift kr/år (livslängd 25 år)	~ 3 600 SEK (3 000 DK)	~ 28 500 SEK (23 800 DK)	~ 61 500 SEK (51 400 DK)

Rain Garden i ett kallt klimat

En förutsättning för att Rain Garden ska kunna fungera bra i ett kallt klimat är att filtermaterialet kan infiltrera smältvatten även när filtret är fruset eller delvis fruset (Davidson, 2008). Muthanna et.al (2007) menar att Rain Garden har en nedsatt hydrologisk funktion vid temperaturer under noll grader. Filtermaterialets förmåga att infiltrera vatten när det fryser styrs av markfukten i materialet (Davidson, 2008). Ett högt innehåll av markfukt då filtermaterialet fryser kan göra att filtret blir näst intill ogenomträngligt och infiltrationen uteblir. I ett filtermaterial med en låg markfukt kan infiltrationsförmåga bevaras och till och med förbättras eftersom det då kan inträffa frostsprängningar som bildar kanaler där vattnet lättare kan transporteras igenom (Davidson, 2008). Filtermaterialet bör därför bestå av en grövre textur i områden med ett kallare klimat och temperaturer under noll grader. Mindre partiklar som silt och lera bör undvikas eftersom dessa bidrar till en långsammare infiltration och högre markfukt (Davidson, 2008).

Muthanna et.al (2007) menar att ett utökat filterdjup under frostdjupet kan vara en anpassningsåtgärd för Rain Gardens i ett kallt klimat. Ett utökat filterdjup under frostdjupet kan förhindra att vattnet i dräneringsröret fryser vilket har en positiv inverkan på Rain Gardens hydrologiska funktion.

Enligt Blecken (2010) har Rain Garden visat sig kunna rena smältvatten och dagvatten bra även vid låga temperaturer (mellan 2 och 20°C). Forskningsresultat visade en effektiv rening där över 90 % av metaller, suspenderade partiklar och fosfor renades från dagvattnet (Blecken, 2010). Kvävereningen var det enda som inte var tillfredsställande i resultatet, men enligt Blecken (2010) kan en vattenmättad zon med tillsatt kolkälla bidra till en ökad rening av kväve.

Diskussion

I arbetet har information hämtats från ett begränsat antal källor, detta på grund av den tidsbegränsning detta arbete har haft. Tanken med följande diskussion är att den ska jämföra den litteratur som använts samt ge svar på arbetets frågeställning: Vilka fördelar har Rain Garden? Vilka nackdelar har Rain Garden? Är Rain Garden ett system som kan vara ett alternativ för våra svenska städer?

Fördelar med Rain Garden?

Rain Garden är en dagvattenlösning som kan placeras inom både privat- och allmän platsmark (Virginia, 2011; FAWB, 2009; Prince George's County, 2007). I jämförelse med konventionella lösningar kan Rain Garden både rena, (Prince George's County, 2007) reducera och fördröja (FAWB, 2009) dagvattenvolymer. Beroende på konstruktion kan en Rain Garden också möjliggöra en infiltration till den underliggande marken (Prince George's County; FAWB, 2009), vilket gynnar grundvattenbildningen och den naturliga vattenbalansen. I jämförelse med konventionella lösningar innefattar Rain Garden även vegetation. Förutom växternas förmåga att bibehålla konstruktionens funktion, rena och reducera dagvatten kan de också bidra med estetiska upplevelsevärden. En vegetation kan även bidra med biologiska- och ekologiska värden i form av en ökad biologisk mångfald. Det är allmänt känt att vegetation också har en positiv inverkan på luftkvaliteten och uppvärmningen inne i staden. Eftersom växterna sänker temperaturen i staden genom avdunstning. Vid användandet av Rain Garden synliggörs dagvattnet, vilket enligt Stahre (2004) kan bidra till positiva mervärden i staden.

I urbana sammanhang är det ofta brist på utrymmen vilket kan begränsa användandet av många dagvattensystem. Fördelen med Rain Garden är att de har en flexibel konstruktion som kan integreras i ett redan befintligt landskap (FAWB, 2009; Indianapolis, 2008; Prince George's County, 2007). De är även små till ytan i förhållande till avrinningsområdet vilket ofta är en fördel i urbana sammanhang där det ofta är brist på utrymmen. Rain Garden kan konstrueras med en tät botten. Vilket innebär att de även kan placeras på platser där den underliggande jorden har en dålig infiltrationsförmåga eller om den underliggande jorden på platsen är förorenad och en infiltration inte är önskvärd (FAWB, 2009).

I städer är det många gånger ont om utrymme under mark på grund av kablar och ledningar, vilket kan leda till att träden blir tilldelad en alldeles för liten jordvolym. En acceptabel rotvolym för medelstora träd brukar anses vara mellan 12-15 m³/träd, vilket inte alltid är fallet. Staden som ståndort innebär också ofta en brist på vatten för träden eftersom stora delar av regnvattnet försvinner via avrinning från hårdgjorda ytor. Vid användandet av Rain Garden tillförs träden både näring och vatten genom dagvattnet, vilket skulle kunna bidra till att träden på ett bättre sätt kan klara av de begränsade jordvolymerna som idag ofta erbjuds.

I jämförelse med konventionella system är fördelen med Rain Garden att det involverar flera förvaltningar inom en kommun. Fördelen med att flera förvaltningar involveras är att kostnaderna också kan fördelas mellan dem. VA-förvaltningen kan finansiera en del av kostnaden eftersom en Rain Garden renar dagvattnet, reducerar toppflöde och dagvattenvolymer.

Vilket leder till en minskad belastning på det konventionella systemet. Parkförvaltningen kan finansiera en del av kostnaden eftersom Rain garden bidrar till en förbättrad grönsstruktur i staden.

Nackdelar med Rain Garden?

En av nackdelarna med Rain Garden är att de är i behov av en kontinuerlig och förhållandevis intensiv skötsel för att kunna fungera bra under en längre period (Virginia 2011;FAWB, 2009). Det krävs att en Rain Garden är under uppsyn för att se till att skräp och annat inte täpper till inflöde, filter och breddavlopp. Nackdelen med filtermaterialet är att de med tiden täpps igen och måste bytas ut. Enligt Blecken (2010) fastnar dock de mesta av föroreningarna redan i det översta lagret vilket innebär att föroreningarna kan tas bort genom att skrapa bort det översta lagret av filtermaterialet. Hela filtermaterialet måste dock bytas ut inom 25-50 år (Sundin, 2012). Filtermaterialets livslängd tror jag kan variera beroende på platsens förutsättningar och vilken mängd föroreningar som en Rain Garden belastas med.

I ett urbant läge med tung trafik är föroreningsinnehållet i dagvattnet högre än i ett motsvarande läge med mindre trafik, vilket kan ge skillnader för filtermaterialets livslängd.

Køpenhamns kommun (2011) räknar med en årlig skötselkostnad på ca 54 400 SEK för en Rain Garden som tar hand om regnvatten från en kontorsbyggnad på 5700 m². Detta innebär en kostnad på över 1000 SEK för varje vecka vilket jag tror är en väldigt högt räknad skötselkostnad. Skötseln är som mest intensiv innan växterna etablerat sig på platsen och vid bytet av filtermaterialet. Under resten av tiden tror jag att det inte nödvändigtvis vara en särskilt intensiv skötsel. Därför tror jag att skötselkostnaden kan förväntas bli lägre.

Växterna i en Rain Garden måste kunna tolerera torka samtidigt som de måste klara av perioder med tidvis stående vatten (Prince George's County, 2007; FAWB, 2009; Virginia, 2011). Det ställs därför höga krav på växterna i en Rain Garden och det kan därför vara komplicerat att hitta lämpliga arter som klarar av att växa på ståndorten. För att hitta lämpliga arter tror jag att man bör titta på platser i naturen med fluktuerande vatten som exempelvis en flodbank eller andra områden som tidvis blir översvämmade.

Växternas rötter i kombination med ett dränerande system är allmänt känt som en dålig kombination. Detta eftersom rötter ofta tar sig in och täpper till det dränerande systemet. Eftersom Rain Garden innefattar ett dränerande system tror jag att det kan bli problem med rotinträngningar. Särskilt i Rain Garden som innefattar större buskar eller träd, eftersom dessa oftast har ett större och mer utbredd rotsystem. Eftersom skötseln är så avgörande för en Rain Garden funktion tror jag att de som ska utföra den måste vara utbildade och vara väl medvetna om hur system fungerar. Annars kan det vara risk för att skötseln inte blir tillräcklig eller utförs på ett felaktigt sätt så att Rain Garden mister sin funktion.

Enligt Virginia (2011) lämpar sig Rain Garden inte i allt för kraftigt undulerade områden. Lutningen bör inte vara större än 5 %, detta för att vattnet ska kunna fördelas jämt i bädden.

Jag tycker inte att områdets topografi ska begränsa användandet av Rain Garden. I kraftigt ondulerade områden skulle Rain Garden kunna byggas i trappsteg för att på så sätt fånga upp nivåskillnaderna på platsen.

Är Rain Garden ett system som kan vara ett alternativ för våra svenska städer?

De hårdgjorda ytorna i städerna blir fler (Stahre, 2004) samtidigt som nederbördsmängderna förväntas öka (Statens offentliga utredningar, 2007), vilket ställer krav på förändringar i dagvattenhanteringen. I och med vattendirektivet som trädde i kraft ställs också krav på att dagvattnet ska renas innan det släpps ut i recipienten (Hägerhäll, Vidarve, 2003). Det behövs därför dagvattenlösningar som kan utnyttja den naturliga infiltrationen och dagvattenlösningar som har förmågan att rena dagvattnet från föroreningar. Rain Garden är ett system med en hög reningseffekt (Prince George's County, 2007) som samtidigt fördröjer och reducerar dagvattnet (FAWB, 2009). En Rain Garden möjliggör att en stor mängd föroreningar kan skiljas från dagvattnet innan det leds vidare till den slutliga recipienten. Användandet av Rain Garden kan också förhindra att den naturliga infiltrationen påverkas negativt vid exploatering av nya områden eftersom systemet beroende på konstruktion kan möjliggöra en infiltration.

Jag tror inte att Rain Garden är den enda lösningen på dagvattenproblematiken. Varje plats är unik och därför måste man utgå från de rådande förutsättningarna på platsen. Precis som Stahre (2004) menar så måste de konventionella lösningarna och de öppna system samspela med varandra. Rain Garden är ett system som bör integreras med andra typer av öppna dagvattenlösningar men också konventionella dagvattentekniker. Rain Garden skulle kunna vara ett alternativ för att avlasta det konventionella ledningssystemet där det är hårt belastat. På privat mark skulle Rain Garden kunna användas för att ta hand om dagvattnet från villatomter. Även om dagvattnet sällan är särskilt smutsigt i villaområden skulle de bidra till en värdefull reduktion och fördröjning av dagvatten.

Litteraturstudien visade att det inte finns någon givet svar för filtermaterialets sammansättning och djup. Det viktigaste är att filtermaterialet kan dränera bort vattnet tillräckligt snabbt samtidigt som reningen är effektiv och växterna kan växa där (FAWB, 2009; Hinman et.al., 2009; Prince George's County 2007). Anledningen till de varierande rekommendationerna kan bero på syftet med anläggningen, klimatet och nederbördsmängder där anläggningen ska appliceras. Davidson (2008) skriver att i områden med vinterförhållanden bör filtermaterialet till exempel innehålla en större mängd sand för att upprätthålla en acceptabel infiltrationsförmåga när filtret fryser. Muthanna et.al (2007) menar att filterdjupet kan utökas till ett tjälfritt djup för att på så sätt förhindra att vatten i dräneringsröret fryser. I Sverige bör vi kanske därför använda oss av ett större filterdjup och ett filtermaterial som innehåller mer sand och mindre lera. Problemet med en grövre struktur på filtermaterialet är att det ställs högre krav på växterna eftersom det innebär en torrare ståndort då sand är sämre på att hålla vatten än lera och silt. Ett filtermaterial av grövre struktur kan också bidra till en försämrad reningsförmåga. Claytor, Schueler (1996) menar att filtreringsförmågan är bättre i ett filtermaterial med en finare struktur som silt och lera.

För att Rain Garden ska bli en pålitlig dagvattenlösning tror jag att det krävs en utarbetad teknisk handbok för filtermaterial, växter, dimensionering och skötsel anpassat för det svenska klimatet. Eftersom Rain Garden är ett relativt oprövat koncept i Sverige tror jag också att det är viktigt att Rain Garden testas i mindre skala för att se hur de kommer att fungera. Detta för att den här typen av dagvattensystem inte ska få ett oförtjänt dåligt rykte precis som LOD fick i början på 1990-talet (Svenskt Vatten, 2011). Systemet måste vara lika pålitligt som de dagvattenlösningar som används idag.

I litteraturen gavs olika rekommendationer för växtanvändningen i Rain Garden. Enligt Prince George's County (2007) och Virginia (2011) bör växterna i en Rain Garden bestå av inhemska arter från närområdet eftersom dessa växter har en bättre förmåga att tolerera stress och anpassa sig för ståndorten. FAWB (2009) och Indianapolis (2008) menar att Rain Garden kan planteras med både kulturväxter och inhemska arter. FAWB (2009) menade att växtvalet i första hand bör styras utifrån platsen förutsättningar. Jag tycker att växtanvändningen inte bör styras utifrån växternas ursprung. En växt som inte är inhemsk kan vara minst lika bra på att tolerera stress och vara anpassad för ståndorten. Jag tror att många är rädda för att plantera ett exotiskt växtmaterial på grund av att dessa växter ofta anses som aggressiva och för frångångsrika. Det kan också bero på att många anser att exotiska växter har ett mindre biologiskt värde än inhemska växter. I många fall kan exotiska växter visa sig vara lika bra anpassade för en viss miljö som inhemska växter. Detta på grund av att de växer naturligt i en liknande miljö men inom ett annat geografiskt område. En annan orsak till varför ett inhemskt växtmaterial rekommenderas kan vara för att mycket av litteraturen kommer från USA. USA har nämligen en mycket rik flora som gör att de inte nödvändigtvis behöver använda sig av exotiska växter. De har med andra ord ett brett urval av växtmaterial att använda sig av. I Sverige har vi inte samma förutsättningar och måste kanske därför använda oss av både exotiskt- och inhemskt växtmaterial för att hitta lämpliga växter för vårt klimat. I slutänden handlar det alltid om att sätta rätt växt på rätt plats oavsett ursprung.

Jag tror att Rain Garden mycket väl skulle kunna vara ett alternativ för dagvattenhantering i svenska städer. Forskningsresultat har visat att Rain Garden även kan rena dagvatten vid kallar temperaturer mellan 2-20 °C grader (Blecken, 2010). Vilket är något som talar för en användning av Rain Garden även i Sverige. Den osäkra infiltrationskapaciteten vintertid är däremot en viktig aspekt som vi måste ta hänsyn till. För att kompensera en eventuell försämrad infiltration vintertid skulle förslagsvis ett höj- och sänkbart breddavlopp kunna placeras i konstruktionen. Under sommaren står breddavloppet på en normal höjd och vintertid kan breddavloppet sänkas till en längre höjd. På så vis kan smältvatten transporteras bort då filtermaterialet har en nedsatt förmåga och risken för att de bildas isbeläggningar på ytan av konstruktionen minimeras.

Referenslista

Tryckta

Blecken, G T. (2010) *Biofiltration Technologies for Stormwater Quality Treatment*. Luleå University of Technology. ISBN: 978-91-7439-132-9.

FAWB. (2009) *Adoption Guidelines for Stormwater Biofiltration Systems*, Facility for Advancing Water Biofiltration, Monash University, June 2009. ISBN: 978-0-9805831-1-3.

Lönngrén, G. (2001) *Vatten i dagen, -exempel på ekologisk dagvattenhantering*. Alnarp: Movium. Stad och Land nr 165. ISBN:91-7332-958-4

Stahre, P. (2004) *EN LÅNGSIKTIGT HÅLLBAR DAGVATTENHANTERING*. Malmö: Svenskt vatten. ISBN: 91-85159-17-4

Svenskt Vatten AB (2011) *Hållbar dag- och dränvattenhantering – råd vid planering och utförande*. Stockholm

Sundin, E, (2012) *Dagvattenhantering*. Tidsskriften Landskap. Nr:3. s.17-19

Persson, P., Gallardo, I., Kallioniemi, K., Foltyn, M. (2009) *Plan PM Dagvatten*. Malmö. Länsstyrelsen i Skåne Län. Länsstyrelsenrapport 2008:24. ISBN: 978-91-86079-66-6.

Otryckta

Boverket (u.å) *Grönstruktur*. Organisation (online)

Tillgänglig:<http://www.boverket.se/Planera/planeringsfragor/Gronstruktur/>
(Hämtad: 2012-05-22)

Davis, A. P., Shokouhian, M., Sharma, H., Minami, C., & Winogradoff, D. (2003). *Water quality improvement through bioretention: Lead, copper, and zinc removal* (online)

Tillgänglig:

http://www.psparchives.com/publications/our_work/stormwater/lid/bio_docs/Metal%20Removal%20in%20Bioretention-Davis%20etal%202003.pdf (Hämtad: 2012-05-05)

Davidson, J. D. (2008) *Cold Climate Performance and Design Criteria*. (online) Dakota

Tillgänglig:

<http://dakotaswcd.org/pdfs/Bioretention%20of%20Simulated%20Snowmelt%202009.pdf>
(Hämtad: 2012-04-30)

CIRIA (2007) *The SUDS Manual* (online) London

Tillgänglig: www.cardiff.gov.uk/objview.asp?object_id=15780 (Hämtad: 2012-04-25)

Claytor, R.C., Schueler, T.S. (1996) *Design of Stormwater Filtering Systems* (online)
Tillgänglig: http://pittsburghpermaculture.org/wp-content/uploads/2010/04/stormwater_filtration_system_design.pdf (Hämtad: 2012-04-09)

Hinman, C., Wilson, S., Macdonald, D. (2009) *Bioretention Soil Mix Review and Recommendations for Western Washington*. (online) Washington
Tillgänglig: <http://www.ecy.wa.gov/programs/wq/stormwater/BSMResultsGuidelines.pdf>
(Hämtad: 2012-05-25)

Hunt, W. F (2010) *National Conference of the Stormwater Industry Association* (online)
Tillgänglig:
<http://www.gemsevents.com.au/stormwater2010/assets/Hunt,%20Dr%20William%20et%20al%20-%20Refereed%20Paper%20-%20Bioretention%20Design.pdf> (Hämtad: 2012-05-22)

Hunt, W.H., White, N.W. (2001) *Designing Rain Gardens* (online) North Carolina
Tillgänglig:
<http://www.bae.ncsu.edu/stormwater/PublicationFiles/DesigningRainGardens2001.pdf>
(Hämtad: 2012-04-11)

Hägerhäll, B., Vidarve, M. (2003) *En basbok om Ramdirektivet för vatten*. Stockholm: Naturvårdverket. Rapport 5307. Augusti 2003 ISBN: 91-620-5307-8.pdf
Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5489-9.pdf>
(Hämtad: 2012-04-19)

Indianapolis. (2008) *Green Infrastructure Guidance*. (online) Indianapolis
Tillgänglig: http://indytilth.org/Links/RG_Bioretention_City.pdf (Hämtad: 2012-03-19)

Køpenhamns kommune (2011) *Regnbede*. (online) Köpenhamn
Tillgänglig:
<http://www.kk.dk/Borger/BoligOgByggeri/AnsogningOmByggearbejde/NyttigInformation/LokalAfledningAfRegnvand/~media/3C45CCD161A94369B0FE9A360408A544.ashx>
(Hämtad: 2012-05-04)

Malmö Stad (2008) *Dagvattenstrategi för Malmö*. (online) Malmö stad
Tillgänglig:
http://www.vasyd.se/SiteCollectionDocuments/Vatten%20och%20avlopp/Dagvatten/Dagvattenstrategi_2008.pdf (Hämtad: 2012-04-14)

Mark A. Marek (2011) *Hydraulic Design Manual*. (online) Texas
Tillgänglig: <http://onlinemanuals.txdot.gov/txdotmanuals/hyd/hyd.pdf> (Hämtad: 2011-05-26)

Muthanna T. M., Viklander M., Thorolfsson S. T. (2007) *Seasonal climatic effects on the hydrology of a rain garden*. (online) Trondheim
Tillgänglig: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/hyp.6732/pdf> (Hämtad: 2012-05-01)

NCDENR. (2005) *STORMWATER BMP MANUAL*. (online) North Carolina.
Tillgänglig: <http://infohouse.p2ric.org/ref/41/40159.pdf#page=35> (Hämtad: 2012-04-02)

Prince George's County (2007). *Bioretention manual*. (online) Maryland.
Tillgänglig:
http://www.princegeorgescountymd.gov/Government/AgencyIndex/DER/ESG/Bioretention/pdf/Bioretention%20Manual_2009%20Version.pdf (Hämtad: 2012-04-11)

Seymour, R.M (2005) *Rain Harvesting and Rain Gardens*. (online) Georgia
Tillgänglig: <http://www.gwri.gatech.edu/uploads/proceedings/2005/seymourR-GWRCpaper%20March21.pdf> (Hämtad: 2012-04-02)

Stahre, P, (2008) *Blue-green fingerprints in the city of Malmö, Sweden*. (online) Malmö
Tillgänglig:
http://www.vasyd.se/SiteCollectionDocuments/Broschyrrer/Publikationer/BlueGreenFingerprints_Peter.Stahre_webb.pdf (Hämtad: 2012-05-20)

Statens offentliga utredningar (2007) *Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter*, Missiv, kapitel 1-3, SOU 2007:60 (online)
Tillgänglig: <http://www.regeringen.se/content/1/c6/08/93/34/05245f39.pdf> (Hämtad: 2012-04-1)

Stockholms Vatten AB (2000) *Klassificering av dagvatten och recipienter samt riktlinjer för reningskrav*. Del 1. RECIPIENTKLASSIFICERING (online)
Tillgänglig:
<http://www.stockholmvatten.se/commondata/rapporter/avlopp/Dagvatten/Recipientklassificering.pdf> (Hämtad: 2012-04-19)

SOS (2008) *Regnovädret i västra Skåne 5 juli 2007* (online)
Tillgänglig:
http://www.sosalarm.se/Documents/Nyheter%20och%20Media/Bibliotek/Rapporter/Rapporter%202007/regnovadret_i_vastra_Skane.pdf (Hämtad: 2012-05-22)

Svenskt Vatten AB (2005) *Fakta om vatten och avlopp* (online)
Tillgänglig:
[http://www.svensktvatten.se/Documents/Kategorier/Utbildning%20och%20Rekrytering/Fakta%20om%20Vatten%20och%20Avlopp%20i%20Sverige%20\(svenska\).pdf](http://www.svensktvatten.se/Documents/Kategorier/Utbildning%20och%20Rekrytering/Fakta%20om%20Vatten%20och%20Avlopp%20i%20Sverige%20(svenska).pdf)
(Hämtad: 2012-04-19)

Vattenmyndigheterna (u.å.) *Vattenmyndigheterna*, Organisation. (online)

Tillgänglig:

<http://www.vattenmyndigheterna.se/Sv/omvattenmyndigheterna/organisation/Pages/default.aspx> (Hämtad: 2012-04-29)

Virginia (2011) *Bioretention. Virginia Stormwater Design Specification NO.9* (online).

Tillgänglig: <http://www.cwp.org/cbstp/Resources/d2s5a-dcr-bmp-bioretention.pdf>

(Hämtad: 2012-03-19)

Wise, S. (2008) *Green Infrastructure Rising. American planning association* (online)

Tillgänglig: <http://www.igoplat.org/repository/APA-article.greeninfrastructure.080108.pdf>

(Hämtad 2012-03-29)

Figurer

Foton är tillåtna för publicering

Figur. 1: Stahre, P. (2004) *EN LÅNGSIKTIGT HÅLLBAR DAGVATTENHANTERING*.

Malmö: Svenskt vatten. ISBN: 91-85159-17-4

Figur. 2: Svenskt Vatten AB (2011) *Hållbar dag- och dränvattenhantering – råd vid planering och utförande*. Stockholm

Figur. 1;4: Vegtech AB, Fagerås 1342 52 VISLANDA

Figur. Omslagsbild;7;8; San Mateo County (2009) *Sustainable Green Streets and Parking Lots Design Guidebook*. (online)

Tillgäng-

lig:<http://www.flowstobay.org/documents/municipalities/sustainable%20streets/San%20Mateo%20Guidebook.pdf> (Hämtad: 2012-05-17)